



⑱ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 40 303 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 15 D 1/12**  
B 62 D 35/00

⑳ Aktenzeichen: 198 40 303.8  
㉒ Anmeldetag: 4. 9. 1998  
㉔ Offenlegungstag: 9. 3. 2000

**DE 198 40 303 A 1**

㉑ Anmelder:  
Brandhorst, Ingo, Prof. Dr., 63263 Neu-Isenburg, DE

㉒ Erfinder:  
Brandhost, Ingo, Prof. Dr., 63263 Neu-Isenburg, DE;  
Rump, Hanns, Prof. Dr.hc., 59427 Unna, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 196 50 439 C1  
DE 44 40 105 A1  
DE 35 34 293 A1

BUSHNELL, Dennis M.: Turbulent Drag Reduction  
for  
external flows. In: AIAA Paper No. 83-0227 AIAA  
21st Aerospace Sciences Meeting, Reno, Nevada,  
Jan.10-13, 1983;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Gezielte Erzeugung von Mikroturbulenzen zum Zwecke der Verminderung von Strömungsverlusten

⑤⑦ Die Erfindung beschreibt Fahrzeuge relativ hoher Geschwindigkeit, bei der der Strömungswiderstandsbeiwert vermindert ist, indem die beströmten Oberflächen eine Narbung zur Erzeugung von Mikroturbulenzen aufweisen.

Erfindungsgemäß sind die Ausprägungen der Narbungen nicht monoton, sondern um so stärker ausgeprägt entsprechend der zu erwartenden Anteile turbulenter Anströmungen.

Die Narbungen sind z. B. in selbstklebende, ansonsten transparente Folien, eingeprägt, die in unterschiedlichen Narbungstiefen sortiert sind.

**DE 198 40 303 A 1**

In allen Bereichen der Verkehrstechnik ist von Bedeutung, den Strömungswiderstand des Fahrzeuges gegenüber den umgebenden Medien so gering wie möglich zu halten. Umgebende Medien sind zumeist Luft oder Wasser. Fahrzeuge sind Luftfahrzeuge, Wasserfahrzeuge, Straßenfahrzeuge oder Schienenfahrzeuge. Der Strömungswiderstand steigt exponentiell mit der Geschwindigkeit. Daher ist insbesondere bei schnellen Fahrzeugen die Betrachtung des Strömungswiderstandes wichtig. Als Maßnahme ist u. a. eine Formgebung bekannt, bei der eine möglichst turbulenzfreie, laminare Strömung des Umgebungsmediums am Fahrzeug vorbei angestrebt wird. ("Stromlinienförmige Konstruktion".) Gerade bei Fahrzeugen mit hoher Geschwindigkeit erreichen die Bemühungen aber Grenzen. Dies auch, weil bei laminarer z. B. Luftführung das Ablösen der zwangsläufig entstehenden Mikroluftwirbel von den Oberflächen erschwert wird. Dadurch können sich die Mikrowirbel addieren und an den Oberflächen einen Unterdruck oder Überdruck erzeugen, der den Windwiderstandsbeiwert ( $C_w$ -Wert) erhöht.

Es ist bekannt, daß das künstliche Erzeugen von Mikroturbulenzen an den beströmten Oberflächen verhindert, daß sich im Nahfeld zur Oberfläche eine laminare Luftströmung ausbilden kann. Vielmehr ist im Nahfeld eine äußerst turbulente Grenzschicht erwünscht, auf der die laminare Hauptströmung sozusagen gleitet. Mikroturbulenzen können durch gezielte Narbungen (Fig. 1) der Oberfläche erzeugt werden, wie sie z. B. in der Natur vom Gefieder schnellfliegender Vögel oder von der geschuppten Haut mancher Fische, z. B. dem Hai, bekannt sind. Die Flugbahn, z. B. von Golfbällen, wird deutlich verbessert, seit dem die Bälle eine Narbenstruktur durch auf dem Umfang regelmäßig angeordnete Vertiefungen haben. Es sind Versuche gemacht worden mit Verkehrsflugzeugen, die mit einer ähnlich genarbtten Folie beklebt waren. Die Auswertung der Versuche ergab eine erhöhte Endgeschwindigkeit und einen verringerten Treibstoffbedarf. Die betriebswirtschaftliche Amortisation dieser Investition wird von führenden Luftfahrtgesellschaften derzeit untersucht.

Bei Kraftfahrzeugen gelten die gleichen Gesetze. Der Einsatz der Methode der Mikroturbulenz-Erzeuger ist natürlich nur dann sinnvoll, wenn die Fahrzeuge hohe Endgeschwindigkeiten erreichen.

Die Erfindung stellt eine Methode vor, bei der die Technik der Mikroturbulenz-Erzeuger eingesetzt wird, um z. B. bei

1. Hochgeschwindigkeits-Eisenbahnzüge
2. Hochgeschwindigkeits-Kraftfahrzeuge (Formel-1-Rennwagen etc.)

und anderen Fahrzeugen mit hohen Endgeschwindigkeiten im Bereich der Endgeschwindigkeit einen verbesserten  $C_w$ -Wert zu verleihen.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß allein durch den Einfluß der nahen Straße bzw. der Schienen und durch Einflüsse anderer Verkehrsteilnehmer etc. die Anströmung des Fahrzeuges keineswegs frei von Störungen ist. Auch kann aus vielfältigen Gründen die Konstruktion und das Design von Fahrzeugen nie in dem Maße strömungstechnisch optimiert werden, wie es z. B. bei Luftfahrzeugen oder z. B. bei U-Booten möglich ist. Es muß daher davon ausgegangen werden, daß anfänglich näherungsweise laminar angeströmte Flächen zum Heck des Fahrzeuges immer mehr turbulent angeströmt werden, mit entsprechenden Nachteilen für den  $C_w$ -Wert. Um diese Turbulenzen und um die Sogeffekte der rein laminaren Beströmung von den Flä-

chen zu trennen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die angeströmten Flächen mit einer Narbung versehen sind, deren Narbungstiefe nicht konstant ist, sondern die um so ausgeprägter ist, je mehr turbulente Strömungsanteile zu erwarten ist. Dies, weil die sich unmittelbar an der Oberfläche bei hohen Geschwindigkeiten bildenden Mikroturbulenzen sozusagen schützend auf die Oberfläche legen und damit verhindern, daß sich energiereiche große Turbulenzen anlagern können (Fig. 2). Vielmehr lösen sich damit laminare Strömungen turbulenzfrei von den Flächen ab und turbulente Luft löst sich ebenfalls ohne Energieaufwand ab.

Das Grundprinzip einer Narbung ist in Fig. 1 zu erkennen. Dabei sind in die Oberfläche halbrunde oder ovale Narben eingeprägt. Die Narben haben bevorzugt einen Durchmesser von etwa 1 mm und eine Tiefe von ca. 0,3 mm. Je Quadratzentimeter befinden sich 2-3 Narben. Erhabene Strukturen sind ebenfalls denkbar, werden allerdings weniger bevorzugt.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, Fahrzeuge mit auf der Außenhaut aufgeklebten Folien auszurüsten, welche unterschiedlich ausgeprägte Narbungen aufweisen. Diese Narbungen sind

1. normal ausgeprägt (Tiefe der Narbung, spezifische Anzahl je  $\text{cm}^2$ ) an Flächen, die einigermaßen laminar beströmt sind
2. besonders nachhaltig ausgeprägt sind an Flächen, die zusätzlich von turbulenter Luft angeströmt sind.

Z.B. im Bereich des Bugs eines Fahrzeuges sind erfindungsgemäß Narbungen geringer Häufigkeit und geringer Tiefe anzuordnen. Im Bereich der Seiten, am Unterbau, im Bereich des Hecks etc. sind Narbungen mit besonderer Tiefe und zunehmender Häufigkeit anzuordnen.

Die Erfindung kann in Variationen eingesetzt werden.

Der zugrundeliegende Gedanke ist aber stets zu erkennen: Eine genarbte Oberfläche produziert Mikroturbulenzen. Zahl und Größe dieser Mikroturbulenzen steigt mit der Erwartung des Anteils von nichtlaminaren Strömungsanteilen.

#### Patentansprüche

1. Fahrzeug, insbesondere Fahrzeug mit relativ hoher Geschwindigkeit, wobei die Oberfläche des Fahrzeuges mit Narbungen zur Erzeugung von Mikroturbulenzen ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberfläche des Fahrzeuges Narbungen aufweisen, deren Narbung auf die lokal bestehenden Strömungsverhältnisse angepaßt sind, indem bei vorwiegend laminaren lokalen Strömungsverhältnissen Zahl und Tiefe der Narbungen eher gering sind und bei vorwiegend turbulent ausgeprägten lokalen Strömungsverhältnissen Zahl und Tiefe der Narbungen erhöht sind.
2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Narbungen in selbstklebende Folien eingeprägt sind, die entsprechend des Anbringungsorts mehr oder weniger ausgeprägte Narbungen aufweisen.
3. Fahrzeuge nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das auszurüstende Fahrzeug ein für den Einsatz in Autorennen konzipiertes Hochgeschwindigkeitsfahrzeug ist.

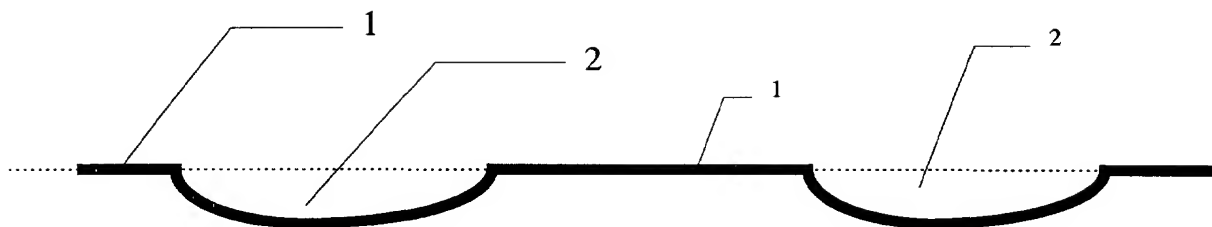
---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**Fig. 1**



**Fig. 2**

